

*Séminaire national (BUNASOLS, INERA, AB-DLO) sur
"L'Interprétation Agronomique des données de sol : un outil
pour la gestion des sols et le développement agricole"
14 au 16 mars 1995 à OUAGADOUGOU*

**UTILISATION COMBINEE D'IMAGES MULTISPECTRALE ET HAUTE RESOLUTION
SPATIALE POUR LA CARTOGRAPHIE DES SOLS ET DE LA VEGETATION.**

ZERBO L., KONE N., MORANT P. et PARE S. (*)

RESUME :

Les images de télédétection aérospatiale (photographies aériennes, images satellitaires) permettent de mieux analyser l'organisation du paysage, localiser les observations de terrain et déterminer des limites d'unités cartographiques en association avec les études de terrain pour la cartographie des sols. Cependant, le signal fourni par les capteurs est un mélange de réflectances des éléments qui composent la surface élémentaire (surface du sol, couvert végétal, premiers millimètres des horizons en superficie).

La contribution (réflectance) du sol dépend des propriétés spectrales des éléments qui le composent (éléments minéraux, matière organique, contenu d'eau). La contribution de la végétation dépend de la canopée (taux de recouvrement, orientation des feuilles, distribution spatiale des feuilles avec la hauteur, réflectance des feuilles), des troncs et branches d'arbres et du sol sous-jacent vus par le capteur.

Lorsque l'échelle de prise de vue est grande, l'image et sa perception sont fines et détaillées, mais plusieurs images peuvent être alors nécessaire pour couvrir une zone et la vision qu'on a du paysage est disséquée et ponctuelle; par contre, quand l'échelle est petite, la vision du paysage est globale et structurée mais l'image perd sa finesse et sa précision.

Une combinaison d'images multispectrale SPOT-XS (20 m) et panchromatique SPOT-P (10 m) a été réalisée pour effectuer la cartographie des sols et paysages de la station de recherche agricole de Kamboinsé. Alliant la capacité de discrimination des sols à partir de leurs propriétés spectrales, à la finesse de perception des structures et textures du paysage grâce à la résolution spatiale, la nouvelle image P+XS a permis une meilleure délimitation des unités de sols et de paysages.

(*) IN.E.R.A. Cellule de Télédétection - CRAF de Kamboinsé
01 BP 476 Ouagadougou 01 - BURKINA FASO
Tél 31 92 02/31 92 08 Fax 31 92 06

INTRODUCTION

L'activité biologique du sol, influencée par les effets anthropiques et fauniques, a un impact sur le développement de ce sol. Pour comprendre l'organisation des sols dans le paysage, il est utile de déterminer et expliquer la répartition des sols. En plus de leurs principaux caractères (horizon/profil, propriétés physiques, mécaniques et hydriques), les principaux facteurs qui permettent de les différencier sont le climat, la végétation, la géologie et la géomorphologie. Les informations susceptibles d'expliquer cette organisation doivent être recueillies, en allant en général de l'organisation du paysage à celle du sol. Aussi, la cartographie des sols implique des observations de terrain pour caractériser ceux-ci et leur fonctionnement, délimiter des unités et formuler des certitudes sur les relations entre les sols, leur genèse et leur histoire.

Les photographies aériennes et les images satellitaires permettent de mieux analyser l'organisation du paysage, localiser les observations de terrain et déterminer des limites d'unités cartographiques en association avec les études de terrain pour la cartographie des sols. Cependant, le signal fourni par les capteurs est un mélange de contributions des éléments qui composent la surface élémentaire observée (surface du sol, couvert végétal, premiers millimètres des horizons en superficie). La contribution du sol, correspondant à l'énergie solaire réfléchie par ce sol (réflectance), dépend des propriétés spectrales des éléments qui le composent (éléments minéraux, matière organique, contenu d'eau). La contribution de la végétation dépend de la canopée (taux de recouvrement, orientation des feuilles, distribution spatiale des feuilles avec la hauteur, réflectance des feuilles), des troncs et branches d'arbres et du sol sous-jacent vus par le capteur.

Il est possible de discriminer les sols et les paysages à partir de leurs propriétés spectrales. Le capteur Haute Résolution Visible (HRV) à bord du satellite SPOT fournit des images dans trois bandes spectrales (XS) avec une résolution au sol de 20 m (CNES, 1991). Ces bandes sont le vert (0,5 - 0,59 μm), le rouge (0,61 - 0,68 μm) et le proche infra-rouge (0,79 - 0,89 μm). Ce choix des bandes permet de cerner la réponse spectrale de la chlorophylle de façon optimale ainsi que d'autres éléments du paysage.

Placé en orbite héliosynchrone à une altitude de 830 km, le satellite SPOT repasse tous les 26 jours à la verticale d'un même lieu géographique. Cet héliosynchronisme lui garantit les mêmes conditions d'éclairement pour les scènes de même latitude, à une même heure solaire locale. Avec le système de pointage de ses instruments de prise de vue, compris entre 27° de part et d'autre de la trace du satellite au sol, la fréquence d'observation d'un même point peut être réduite à 2 ou 3 jours. La taille d'une scène SPOT varie de 60 Km X 60 Km en visée verticale, à 60 Km X 80 Km en visée oblique.

Lorsque l'échelle de prise de vue est grande, l'image et sa

perception sont fines et détaillées, mais la vision qu'on a du paysage peut être disséquée et ponctuelle; par contre, quand l'échelle est petite, la vision du paysage est globale et structurée mais l'image perd sa finesse et sa précision.

Le même instrument HRV de SPOT fournit aussi des images en noir et blanc avec une résolution au sol de 10 m. L'image en noir et blanc (mode spectral panchromatique P) se fait dans la bande de spectre visible (0,51 - 0,73 μ m).

Ainsi, il peut être utile de voir comment combiner la capacité de mieux cerner la structure et la texture du paysage à l'aide de l'image SPOT-P, et de discrimination spectrale des sols et paysages par SPOT-XS, pour une meilleure cartographie des paysages et sols.

LE MILIEU D'ETUDE :

Située à une douzaine de kilomètres au nord de la ville de Ouagadougou sur l'axe Ouaga-Kongoussi, dans la province du Kadiogo, la station de recherches agricoles de Kamboinsé a une superficie totale d'environ 230 ha. A une altitude d'environ 296 m, elle se trouve dans la zone nord soudanienne (GUINKO, 1984) avec une saison pluvieuse allant de avril - mai à septembre - octobre, et une saison sèche de septembre à mars. En général, le mois d'août est le plus pluvieux. La moyenne pluviométrique annuelle enregistrée pendant la période de 1980 à 1994 est de 715 mm. Au cours de cette période, la plus faible valeur observée a été de 414 mm (en 1984), tandis que la plus forte est de 1022 mm en 1994.

Les températures moyennes annuelles varient selon les saisons. Pendant la période froide (octobre à février), la température moyenne est de 27°C entre une moyenne minimale de 19°C et une moyenne maximale de 35°C. Pendant la saison sèche, la température augmente et la température moyenne est de 31°C. La moyenne maximale est de 38°C et la minimale de 24°C.

- La géologie et géomorphologie:

Le socle rocheux du plateau mossi dont fait partie la zone de Kamboinsé comprend des roches métamorphiques issues du birrimien et des roches cristallines du pré-cambrien moyen et pré-cambrien (DUCELLIER, 1957).

Les sédiments anciens du birrimien ont été transformés en roches basiques riches en argiles, en limon et en fer et se présentent sous forme d'andésites, de gabbros, de dolérites et de basaltes.

Le birrimien inférieur est particulièrement caractérisé par les micaschistes et des paragneiss, les quartzites sans manganèse, les amphibolites et par des mélange de ces roches.

Selon KALOGA (1966) et JENNY (1965) les roches cristallines se divisent en trois groupes :

- les roches alcalo - calcaires du pré-cambrien;

- les roches alcalines : granites et syénites;
- les plagio pasolites: gabbros et dolérites;

Les affleurements de roches cristallines sont rares. Ils sont souvent recouverts par des boucliers fossiles qui sont moins épais que ceux qui recouvrent les roches métamorphiques.

Les produits de désagrégation de ces roches consistent en des éléments fins sableux.

Sur le plan de la géomorphologie, la station est située sur les deux côtés d'une cuvette naturelle ou bas-fond, qui s'abaisse doucement vers l'est. Les affleurements latéritiques qui indiquent généralement des zones élevées sont rares.

- L'hydrographie :

Le bas-fond de Kamboinsé fait partie du sous bassin du Massili (bassin versant d'environ 2 120 Km²), affluent du Nakambé (bassin versant d'environ 3 060 Km²).

C'est l'ORSTOM qui a fait l'étude sur les bassins versants de la région de Ouagadougou (1961-1963). La digue, longue de 434,1 m, a été construite en 1948 et reconstruite en 1968. Elle ferme un bassin de captage d'environ 130 Km². Le déversoir de 90 m de long, est situé à l'extrême nord du barrage. Deux prises d'eau ont été construites, l'une à l'extrême nord, l'autre à l'extrême sud. L'étude hydrologique a montré que le barrage a une surface de 670.000 m² et un volume de 625.000 m³.

- Les sols :

D'après KALOGA (1968), les sols de la région de Kamboinsé sont classés comme des sols ferrugineux tropicaux lessivés reposant sur du matériau sableux plus profonds, des sols hydromorphes peu humifères à pseudogley hérités en association avec des lithosols sur cuirasse ferrugineuse. L'association est constituée de matériaux résiduels anciens qui forment la base des sols ferrugineux tropicaux. Ils peuvent être recouverts par endroits d'une couche sableuse d'épaisseur variable de 0 à 40 cm.

Selon BOULET (1976), ces sols présentent une texture à dominance sablo-argileuse en surface et argileuse en profondeur. La profondeur de la zone d'enracinement est très variable.

- La végétation :

La station de recherche agricole de Kamboinsé se situe dans le secteur phytogéographique soudanien septentrional (GUINKO, 1984). C'est la zone des savanes intensément cultivées, dominées par les espèces végétales d'essences protégées telles que *Butyrospermum paradoxum* subsp. *parkii*, *Parkia biglobosa*, *Lannea microcarpa*, *Adansonia digitata*, *Tamarindus indica*, *Acacia albida*.

La strate graminéenne dominante au niveau des jachères des bordures des sentiers et sur les sols fortement érodés comprend *Cassia tora*, *Cterium elegans*, *Cymbopogon schoenanthus* subsp. *proximus*, *Echinochloa colona*, *Schoenefeldia gracilis*.

LA METHODOLOGIE D'ETUDE

Les extraits de scènes SPOT XS et P, respectivement du 17/09/92 et 01/11/89 de référence 054-325 dans la grille de référence SPOT ont servi dans le choix de sites de la station de recherches agricoles de Kamboinsé pour la prospection pédologique (sondages à la tarière, observations de surface, ouverture de fosses et profils pédologiques).

A partir de constats (végétation, géomorphologie, topographie, états de surface), les pédologues se sont rendus compte que suivant l'échelle cartographique, il faut une certaine densité de fosses d'après un quadrillage bien donné. Ainsi, en quadrillage systématique, pour une échelle de 1/20 000e il faut une fosse à tous les 200 m. Le quadrillage est libre quand la région est surtout vaste et que l'on connaît déjà les différents types de sols de la région; ce quadrillage est lié à l'échelle par la densité des observations; on fera les observations de manière à s'approcher de la densité systématique (pour 1/20 000, il faut 25 observations/ha en systématique). Les images de télédétection servent à limiter le nombre de fosses pédologiques à ouvrir.

La bande P de SPOT-HRV utilise la même plage de longueur d'onde que les bandes XS1 et XS2. On retrouve une certaine proportion de XS1 dans P, de même que XS2 du point de vue réflectance spectrale (PRICE, 1988; CNES, 1991). Les données XS1 et XS2 sont alors mixées avec les données P pour obtenir de nouveaux canaux XP1 et XP2. Le mixage se fait en prenant une moyenne de XS1 et P pondérée, de même pour XS2 suivant les formules suivantes :

$$XP1 = (XS1 + 0.543 P)/2 \quad XP2 = (XS2 + 0.265 P)/2$$

Mais il faut au préalable avoir la même résolution spatiale, en rééchantillonnant l'image XS à 10 m et aussi une bonne superposition des deux images. En général, les images P et XS sur la même zone ne sont pas superposables. Pour une scène de niveau 1B en mode P par exemple, la résolution spatiale nominale étant de 10 m, le nombre de lignes peut être légèrement différent de 6 000, car le pas d'échantillonnage en colonne peut varier de 9,95 à 10,01 m en visée verticale (et de 9,98 à 10,02 m en visée oblique). Les informations de prise de vue, notamment celle de la visée, permettent alors de choisir l'image (P ou XS) de moindres déformations géométriques servant de référence pour la superposition.

Les données de XS3 ne sont pas suffisamment corrélées avec les données P pour mériter un mixage. Elles sont seulement rééchantillonnées à 10 m.

L'image ainsi obtenue, appelée P + XS aussi bien les informations spectrales en proche infrarouge et les informations de détails liées à la résolution de 10 m de P.

RESULTATS PRELIMINAIRES ET DISCUSSIONS :

On observe sur l'image P + XS une meilleure linéation des contours et des formes. Ainsi le parcellaire, les routes, les ponts et les zones inondables deviennent plus facile à interpréter et à délimiter. L'homogénéité des zones (cultures, glacis à végétation naturelle, buttes, bas-fonds et retenues d'eau), c'est-à-dire la texture est conservée tout en devenant plus fine. Aussi, il sera plus aisé de guider, critiquer et définir le choix et le nombre de sites sur une unité géomorphologique lors de la prospection pédologique.

La vision d'ensemble (structure) du paysage est la même que sur l'image XS, cela étant dû au fait que l'arrangement spatial des différentes zones homogènes est discriminable aussi bien en 20 m de résolution qu'en 10 m.

Pour ce qui concerne la cartographie des unités de paysages et de la végétation, l'apport du P + XS est incontestable car le P à lui seul ne permettait pas de faire la distinction entre buttes et zones de dépressions, ou entre champs, espaces décapés et glacis gravillonnaires. Par contre, le XS avec l'information sur l'activité chorophyllienne des surfaces et la différence de réflectance entre sols de textures (limon, argile, sable) différentes, permet d'individualiser les buttes et dépressions par exemple.

CONCLUSION :

La présente étude a montré qu'il est possible d'enrichir les informations visuelles sur l'organisation des paysages et des sols d'une image multispectrale en y apportant le détail sur la forme et l'homogénéité des zones grâce à une image noir et blanc de résolution spatiale plus grande. Cela améliore les résultats de photo-interprétation en vue d'une cartographie des paysages, ou de conduire les travaux de prospection pédologique pour la cartographie morpho-pédologique.

L'application de cette méthode reste valable pour toute imagerie spatiale multi-spectrale et multi-résolution (Landsat-TM, SPOT-P, MOS-MESSR, photographies aériennes). Cependant, des problèmes de coût (prix des images, temps d'exécution) ou d'utilité (fiabilité par rapport à d'autres techniques) peuvent se poser lorsque la zone à couvrir est très réduite. Pour de faibles superficies, une prise de vue couleur basse altitude est suffisante à condition d'avoir des prises de vue à faible coût.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOULET R., 1968 : Etude pédologique de la Haute-volta : région centre-nord.
356p. multigr., cart.: 1/500.000 depl.h.t. en coul., ill., tabl., SEN.(éd.).

- BUNASOLS, 1989 : Méthodologie de prospection pédologique.
Document technique n°5, 121p., bibl., ill., tabl., BKF (éd.).
- BUNASOLS, 1990 : Manuel pour l'évaluation des terres.
Document technique n°6, 180p., bibl., ill., tabl., BKF (éd.).
- CNES, 1991 : Guide des utilisateurs de données SPOT. Vol. 2 :
Guide pratique.
Edition CNES et SPOT IMAGE.
- CPCS, 1967 : Commission Pédologique de Classification des Sols.
Edition laboratoire géologique-pédologique ENSA/Grillon.
- FAO, 1967 : Cadre pour l'évaluation des terres.
Bulletin pédologique n°32 FAO, Rome.
- GUINKO S., 1984 : Végétation de la Haute-Volta.
Thèse Doct. ès Science Naturelles, Université Bordeaux III.
- MUNSELL, 1975 : Munsell sol color charts.
Edition de 1975, Baltimore, Maryland 21218.
- PRICE J. C., 1988 : An update on visible and near infrared
calibration of satellite instruments.
Remote sensing of environment, No 24, pp 419 - 422.